

# 食品工業에서의 廢水管理對策

林 蓮 澤 / 國立環境研究院 水質研究部

## 1. 머릿말

근래 급격한 산업의 발달과 인구의 증가 및 밀집화로 인하여 수질오염물질이 자연의 정화능을 초과하여 공공수역에 유입되어 수질오염이 가중되고 있다. 이로 인하여 특정 수역에서는 용수로서의 가치를 이미 상실한 지역도 나타나고 있어서 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

이와 같은 수질오염을 야기하는 오염물질의 배출원은 산림, 농경지 등의 비점오염원(non-point source)과 점오염원(point source)인 각종의 산업시설, 주거지역 및 축산시설 등으로 대별할 수 있으며, 수질오염의 주원인은 점오염원이었으나 근래에는 산림지에서 낙엽의 퇴적과 농경지에서 농약과 비료사용량의 증가로 비점오염원에서의 배출량도 급격히 증가하고 있는 추세에 있다.

전국적으로 보면 수질오염물질의 주발생원인 폐하수가 1988년 현재 매일 15,930천m<sup>3</sup>이 배출되고 있는데, 이 중 62.6%인 9,972천m<sup>3</sup>이 생활하수, 36.3%인 5,783천m<sup>3</sup>이 산업폐수이고 나머지 1.1%는 축산폐수가 차지하고 있다<sup>1)</sup>.

이들 중에 함유된 유기성 오염물질인 BOD

부하량의 구성비를 보면 각각 43%, 40%, 17%로 축산폐수와 산업폐수 중 유기성 오염물질이 다량 함유되어 있음을 알 수 있다.

이와 같은 폐하수의 배출량은 산업의 발달, 인구의 증가와 도시화, 생활수준의 향상에 따라 지속적으로 증가될 것으로 보인다.

따라서 우리의 생활환경을 쾌적하게 유지하기 위해서는 폐하수의 철저한 관리가 요구되고 있으며, 특히 산업폐수 중에는 중금속을 포함한 시안, 페놀 등 독성오염물질이 다량 함유되어 있는 경우도 있어서 이들의 철저한 처리가 필수적이다.

전국적인 산업폐수의 현황을 보면 1980년에는 하루에 1,962천m<sup>3</sup>이 배출되었으나 1990년에는 7,280천m<sup>3</sup>으로 10년간에 무려 3.7배의 증가율을 보이고 있다. 식품공장에서 배출되는 폐수량도 '85년에 163천m<sup>3</sup>/일에서 '90년에는 296천m<sup>3</sup>/일로 1.8배의 증가를 보였으며, 업소 수도 '85년에 1,188업소에서 '90년에는 1,546업소로 증가하였다. 또한 업소당 배출량이 '85년에는 137 m<sup>3</sup>/일에서 '90년에는 191 m<sup>3</sup>/일로 증가하여 식품공업도 점차 대규모화 함을 알 수 있다<sup>2)</sup>.

식품공업에서 배출되는 폐수 중에는 주로

유기성 오염물을 함유하고 있어서 이들이 하천 등 공공수역에 유입되면 수중 미생물이 증식하여 물의 탁도를 증가시키고, 이들 미생물이 산소를 소비하여 수중 용존산소를 감소시키는데, 이들 오염물질이 다량으로 유입되면 산소를 고갈시켜  $H_2S$ ,  $NH_4$ ,  $CH_4$  등의 생성으로 악취가 발생하여 용수로써의 이용가치는 물론 수중 생태계에도 나쁜 영향을 초래하게 된다.

따라서 여기에서는 점증하고 있는 식품공업에서의 폐수를 적절히 관리하여 수질보전에 기여하고자 국내 식품공업의 폐수특성과 원료량, 제품량, 종업원수 등에 따른 폐수량과 오염물질량 즉 원단위를 검토하고, 폐수처리현황과 문제점 및 폐수관리에 있어서 향후의 동향에 관해 기술하고자 한다.

## 2. 식품공업에서의 폐수특성

식품공업에서는 폐수배출과 관련하여 생산공정을 다음과 같은 단계 즉 원료의 세척, 비가식부분(inedible portion)의 제거, 제품의 가공과 포장으로 대별할 수 있다. 이러한 공정에서 생성되는 폐수와 폐기물이 방출되는데, 여기에는 폐기되는 원료나 제품, 세척용수, 공장이나 장치의 세척수, 제품에서의 배출수, 탱크나 용기에서의 월류수 등이 포함된다.

식품공업에서 배출되는 폐수의 특성은 매우 큰 변화를 보이는데, BOD농도의 경우 100 mg/l 이하에서 높은 경우 100,000 mg/l 이상까지 광범위하게 분포하며, 부유물질(SS)도 거의 없는 경우부터 120,000 mg/l까지 큰 차이를 나타내고 있다. 또한 폐수의 pH도 강알칼리성(pH 11.0)에서 강산성(pH 3.5)까지 매우 큰 차이를 보이고 있다<sup>3)</sup>.

폐수를 생물학적으로 처리할 때 가장 중요한 인자 중의 하나인 무기영양성분(질소와 인)도 부족한 경우에서 과량인 경우까지 각양각색의 특성을 나타낸다. 폐수의 배출량도 무시할 정도에서 막대한 양을 배출하는 업소까지 매우 다양하다<sup>3)</sup>.

이들 식품공업에서의 폐수 중에는 주로 유

기성 오염물질이 용존 또는 콜로이드 상태로 함유되어 있어서, 식품폐수를 처리하는데 주로 생물학적 처리법이 이용되고 있다. 식품폐수는 같은 유기성인 생활하수의 일반적인 특성이 다르고, 특히 유기물을 고농도로 함유하고 있다는 점에서 크게 다르므로 원하는 정도로 처리하기 위해서는 전처리가 필요하게 된다. 즉 생물학적 처리에 이용되는 생물의 환경조건을 적절히 유지하기 위한 조작 즉 폐수의 지속적 유입, 온도조절, pH조절, 혼합, 영양물질의 추가유입과 미생물의 적응과정이 필요하게 된다<sup>3)</sup>.

식품폐수를 처리하는데 이용가능한 호기성 또는 혐기성 처리공법 중 주로 사용되고, 효과적인 방법으로는 활성슬러지법, 생물학적 여과법(biological filter), 혐기성 소화법(anaerobic digestion), 산화지법(oxidation pond), 라군(lagoon)과 관개법(spray irrigation) 등이 있다<sup>3)</sup>.

그러나 폐수 중 유기물농도가 높을 수도 있으므로 폐수를 주입시 유기물의 부하를 고려하여야 하며 처리수의 수질을 높이기 위해 플기시간을 길게 하거나 2단처리하는 경우도 있다. 처리공법의 선택은 유기물의 종류와 농도, 유량의 변화, 유량 및 시설비와 운영비에 의해 결정된다<sup>4)</sup>.

### 2.1 폐수량과 수질

각종 산업에서 배출되는 폐수의 양이나, 질은 생산하는 제품의 종류, 생산규모, 생산방식에 따라 다르며 시간별로도 크게 변화하는데 특정산업의 경우 계절에 따라서도 크게 변화한다.

이러한 경향은 식품공업에서도 유사한데, 일례로 낙농제품을 생산하는 공장의 경우 표 1과 같이 사용되는 주원료는 우유로 동일하나 제품의 종류 또는 포장방식에 따라 다르게 된다. 즉, 시유를 생산하는 경우 제품 1톤을 생산하는데 종이포장의 경우  $0.97 m^3$ 이 배출되나 병포장의 경우 병의 세척과정에서 폐수가 다량 배출되어  $49 m^3$ 이 배출되며, 버터생산시에는

7.4 m<sup>3</sup>의 폐수가 배출된다<sup>5)</sup>.

또한 폐수의 성상도 제품에 따라 다르게 되어 버터제조시 BOD농도가 1,246 mg/l이나 분유를 제조시에는 486 mg/l로 낮은 농도를 나타내고 있다.

그리고 시간별 폐수량이나 수질의 변화를 미과제조공장을 예로 보면 그림 1과 같이, 주원료인 쌀을 씻는 과정에서 고농도인 다량의 폐수가 배출되고 있다<sup>6)</sup>. 따라서 폐수처리 시설에서 처리효율을 일정하게 유지하기 위해서는 유입부하량의 철저한 관리가 필수적이다.

국내 식품공업에서 배출되는 폐수 중 주요 오염물질의 농도를 업종별로 보면 표 2와 같이 BOD농도를 기준하였을 때, 전분류 제조업에서 평균 2,230 mg/l로 가장 고농도이고, 도축업과 빵류제조업에서는 2,000 mg/l 이상으로 폐수 중 다량의 유기물을 함유하고 있다.

그러나 과실 및 채소가공업, 설탕제조업, 두부제조업에서는 BOD농도가 370~730 mg/l로 식품공업 중 비교적 저농도의 폐수를 배출하고 있다<sup>7)</sup>. 폐수 중 유기물질 함유량의 또 다른

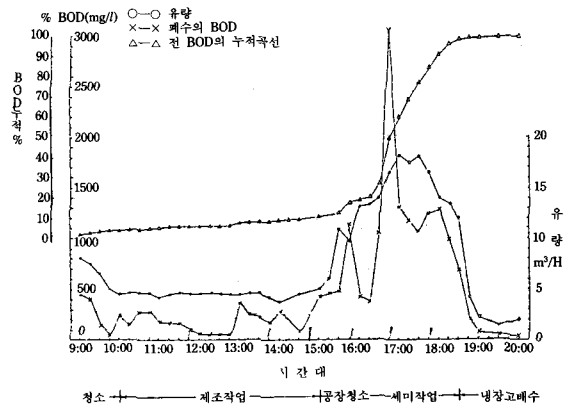


그림 1. 미과공장에서 폐수의 시간별 변화

지표가 되는 COD의 농도도 유사한 경향을 보이고 있으나 절대농도 자체는 다소 낮은 수치를 나타내고 있다.

부유물질(SS)의 경우에도 표 2에서와 같이 도축업에서 1,300 mg/l이고, 빵류제조업에서의 폐수는 1,150 mg/l로 다량의 부유물질을 함유하고 있으나, 유제품제조업과 장류제조업에서

표 1. 유제품 제조업에서의 제품별 폐수량

구 분	시 유		분유	치즈	버터	비 고
	종이포장	병포장				
폐수량(m <sup>3</sup> /제품톤)	0.97	4.9	5.9	5.0	7.4	
BOD(mg/l)	-	568	486	997	1,246	

표 2. 식품공업에서의 원폐수수질

구분	폐수량(m <sup>3</sup> /일)		BOD(mg/l)		COD(mg/l)		SS(mg/l)		비 고
	평균	범위	평균	범위	평균	범위	평균	범위	
육류가공업	850	20-4980	1170	100-7440	570	60-2290	660	80-2260	
유제품제조업	600	11-2670	1100	160-5580	440	90-1320	250	60- 730	
과실 및 채소가공업	130	2- 630	560	200-1120	430	200-900	320	80-810	
수산물 가공업	330	1-3010	1090	140-5200	660	120-2920	650	14-3000	
동식물 유지제조업	120	1- 670	1230	180-7200	660	74-2600	800	63-6500	
빵류제조업	350	1-1920	2050	160-25560	1510	63-26040	1150	98-23400	
설탕제조업	1080	660-1470	370	260-490	290	120-390	170	120-220	
전분류제조업	1640	480-2850	2230	1790-2720	1230	760-1570	420	270-670	
장류제조업	180	1-1120	560	130-1810	440	140-1360	250	85-820	
도축업	550	11-5480	2010	240-7700	1600	190-13300	1300	120-3600	
조미료제조업	680	24-2700	1920	230-4070	1450	180-3830	550	48-1160	
두부제조업	300	1-3120	730	150-4070	680	150-3260	360	50-3160	

의 폐수 중에는 250 mg/l인 저농도로 함유되어 있다. 이는 전자의 경우 도축시에 가축의 분, 털, 먼지 등이 다량 함유되게 되는데 기인하며, 빵류제조업에서는 주원료의 유실과 용기의 세척과정에서 다량 배출되기 때문으로 보인다. 후자의 경우 원료자체에 부유물질이 많이 함유되어 있지 않은 경우가거나, 제품의 제조과정에서 부유물질이 효과적으로 제거되는데 기인되는 것으로 보인다.

식품공업에서의 폐수 중에는 생분해 가능한 유기물질이 주로 함유되어 있으나, 생분해성의 척도가 되는 BOD/COD의 비를<sup>8)</sup> 보면 낙농제품과 육류가공업에서 각각 2.5와 2.05로 생분해성이 높았다. 그러나 두부제조업의 경우는 1.07로 상대적으로 낮았는데, 이는 두부의 원료인 콩에는 단백질 즉 질소함유 유기물질의 함량비가 다른 업종에서의 폐수에 비해 높아서 BOD/COD의 비가 낮은 것으로 추정된다. 이는 5일간 BOD농도를 측정하는 데에 연유하나 폐수처리시설의 운전관리에 유의하면 생물학적 처리시 특이한 문제점은 야기하지 않을 것이다.

## 2.2 오염물질의 부하량 원단위

폐수의 배출량이나 폐수 중 오염물질의 농도는 업종에 따라 다르고 동일한 업종에서도 제품의 생산방식과 규모에 따라서도 다르게 된다<sup>5)</sup>.

국내 식품공업에서 배출되는 폐수는 90년 현재 1,546업소에서 매일 296,906 m<sup>3</sup>을 배출하고 있으며, 업소당은 211.7 m<sup>3</sup>을 배출하여 전체 폐수배출 업소당 배출량인 590.9 m<sup>3</sup>에는 미치지 못하고 있으나<sup>2)</sup> 대체로 용수형 산업으로 알려져 있다. 식품공업에서 용수 및 폐수관리에 중요한 인자가 되는 폐수량과 주요오염물질 즉 BOD, COD 및 부유물질의 부하량을 업종별로 보면 아래와 같다.

### ◦ 폐수량 원단위

식품공업에서의 폐수배출량을 보면 표 3과 같이, 생산되는 제품량을 기준할 경우 두부제조업에서 제품인 두부 1톤을 생산하는데 가장

많은 216 m<sup>3</sup>을 배출하고 있다. 이는 대체로 생산규모가 적고 원료인 콩을 세척하는데 다량의 세척수가 소요되는데 기인된다.

다음으로 조미료제조업과 수산물가공업에서 제품 1톤당 각각 185 m<sup>3</sup>과 110 m<sup>3</sup>으로 100 m<sup>3</sup> 이상을 배출하고 다량 배출업종에 해당된다. 설탕제조업에서는 불과 1 m<sup>3</sup>만을 배출하고, 제품당 폐수배출량이 가장 적다<sup>7)</sup>.

원료당 폐수배출량은 원료 1톤을 사용하는데 두부제조업에서 358 m<sup>3</sup>으로 가장 많았고, 이어서 수산물가공업과 조미료제조업에서 각각 35 m<sup>3</sup>과 31 m<sup>3</sup>으로 비교적 많은 폐수를 배출하고 있으나, 설탕제조업에서는 1 m<sup>3</sup>으로 가장 적어 제품량당 폐수배출량과 유사한 경향을 보이고 있다.

이와 같은 경향은 일본에서도 유사하여 표 4와 같이 두부제조업에서 110~134 m<sup>3</sup>으로 다른 업종에 비해 대단히 많은 폐수를 배출하고 있다<sup>5)</sup>.

그러나 종업원당 1일에 배출하는 폐수량을 보면 전분류제조업과 도축업에서 가장 많은 2,284 m<sup>3</sup>과 1,770 m<sup>3</sup>을 배출하고, 과일 및 채소가공업에서는 315 m<sup>3</sup>으로 가장 적은 양의 폐수를 배출하고 있는데, 매출액과 공장의 건평을 기준한 폐수배출량도 표 3과 같다.

### ◦ 오염물질 원단위

식품공업에서의 폐수 중에는 유기성 오염물

표 4. 식품제조업의 폐수원단위 예

제조품목	폐수량(m <sup>3</sup> )	대 상
육 제 품	36~54	제품톤당
치즈	5	〃
수산연제품	35~45	원료톤당
야채통조림(죽순)	10~25	〃
과실통조림(밀감)	25~40	〃
야채절임	25~50	제품톤당
된 장	58	〃
간 장	16~32	〃
빵	12~50	원료톤당
면 유	30~35	〃
두 부	110~134	〃

표 3. 식료품제조시설의 원단위별 폐수량 및 오염물질 부하량

	매 출 액 (100단위)				진 평 (m <sup>2</sup> )				중 업 원 (인)				원 료 량 (Ton)				제 품 량 (Ton)			
	폐수량 (m <sup>3</sup> )	BOD 부하량 (kg BOD)	COD 부하량 (kg COD)	SS 부하량 (kg SS)	폐수량 (m <sup>3</sup> )	BOD 부하량 (kg BOD)	COD 부하량 (kg COD)	SS 부하량 (kg SS)	폐수량 (m <sup>3</sup> )	BOD 부하량 (kg BOD)	COD 부하량 (kg COD)	SS 부하량 (kg SS)	폐수량 (m <sup>3</sup> )	BOD 부하량 (kg BOD)	COD 부하량 (kg COD)	SS 부하량 (kg SS)	폐수량 (m <sup>3</sup> )	BOD 부하량 (kg BOD)	COD 부하량 (kg COD)	SS 부하량 (kg SS)
육류가공업	39	48	24	26	28	133	14	20	820	668	222	329	17	12	8	6	19	12	6	7
유제품제조업	9	4	2	0.9	41	30	17	6.8	497	325	186	105	7	5	3	1.3	6	4	3	0.9
과실및채소가공업	10	6	4	3	42	37	27	14	315	165	121	85	26	14	9	7	35	21	15	11
수산물가공업	34	24	19	17	57	25	16	16	489	329	208	208	35	22	13	11	110	45	28	31
동식물유지제조업	0.0002	0.04	0.02	0.03	15	17	8	12	417	287	159	168	2	2	1	1	5	5	2	3
빵류제조업	19	23	17	14	19	36	25	22	339	1,218	1,078	926	19	35	25	22	14	49	43	35
설탕제조업	6	1.7	1.2	0.7	16	6	5	2.6	928	307	250	139	1	0.3	0.2	0.1	1	0.4	0.4	0.2
전분류제조업	15	30	16	6	47	98	58	17	2,284	4,599	2,835	816	5	10	5	2	9	19	10	4
장류제조업	12	5	4	1.9	7	3	2	1.5	264	127	107	60	10	4	3	1.7	6	2	2	1.3
도축업	111	222	124	131	97	385	216	234	1,770	5,330	2,828	3,185	3	11	7	7	5	17	11	10
조미료제조업	12	31	27	4	32	65	52	23	913	1,507	1,230	546	31	39	30	13	185	255	196	190
두부제조업	4	2	2	1	42	61	55	44	687	650	603	431	358	92	75	80	216	61	57	51

\*도축의 경우 원료단위는 두

질이 주로 함유되어 있어서 이들의 지표가 되는 BOD와 COD의 부하량 원단위기준 즉 제품량, 원료량, 종업원, 건평 및 매출액당 BOD와 COD의 부하량 원단위는 표 3과 같다<sup>7)</sup>.

제품 1톤을 생산하는데 배출되는 BOD부하량(폐수배출량/제품 1톤×폐수의 BOD농도)은 조미료제조업에서 255 kg으로 가장 많은 BOD량을 배출하고 있는데, 이는 주원료인 당밀 중에 고농도의 유기물이 함유되어 있고, 사용되는 원료당 제품화율이 다른 업종에 비해 낮는데 기인되고 있다.

이어서 두부제조업, 빵류제조업 및 수산물가공업에서의 BOD부하량 원단위는 각각 61 kg, 41 kg, 45 kg으로 유기성 오염물질을 다량 배출하는 업종에 해당되며 설탕제조업에서는 0.4 kg으로 가장 적었다.

또한 COD부하량 원단위에 있어서도 BOD량과 유사한 경향을 보였으나 부하량 자체는 다소 낮은 수치를 보이는데 이는 폐수의 BOD농도가 COD농도보다 높는데 연유한다.

사용되는 원료당 배출되는 BOD부하량은 두부제조업에서 92 kg으로 가장 많고, 빵류제조업에서 35 kg, 조미료제조업에서 39 kg으로 높은 부하율은 보이고 있다. 그러나 설탕제조업에서는 0.3 kg으로 가장 적은 유기성 오염물질을 배출하는 것으로 나타나 있다.

또한 COD부하량 원단위도 유사한 경향을 보이고 있는데 이는 제품당 원단위에서와 같은 이유에 기인되는 것이다. 기타 다른 원단위기준 즉 종업원, 건평, 매출액당 BOD 및 COD부하량 원단위도 표 3과 같다.

부유물질의 부하량 원단위를 보면 제품 1톤을 기준시 조미료제조업이 190 kg으로 가장 많은데 이는 원료의 제품화율이 낮는데 기인된다. 다음으로 두부제조업, 빵류제조업, 수산물가공업에서 각각 51 kg, 35 kg, 31 kg으로 부유물질을 다량으로 배출하는 업소에 해당되는데 이는 각각 콩에 부착된 먼지 등의 협작물, 원료인 밀가루의 유실, 수산물의 장기류와 표피 등에서의 이 물질이 다량 배출되는데 기인되는 것이다.

그러나 원료를 기준할 경우 두부제조업이 80 kg으로 가장 많고 다음으로 빵류제조업에서 22 kg으로 많은 부유물질을 배출하고 있으나, 설탕 및 유제품제조업에서는 각각 0.1 kg과 1.3 kg으로 가장 적는데 이는 각각 원료의 낮은 손실율과 원화 중 부유물질의 함유량이 낮는데 기인되는 것으로 보인다.

### 3. 국내 식품공업 폐수처리현황

#### 3.1 폐수처리 실태

폐수처리공법의 선택은 처리대상 폐수의 특성에 따라 결정되는데, 국내 폐수배출업소에서 이용하는 처리방법을 물리적처리, 화학적처리, 생물학적처리, 종합처리(물리, 화학, 생물처리), 공동처리 및 기타(위탁처리)로 구분할 때 각각 10.3%, 59.6%, 6.7%, 5.4% 및 13.1%를 차지하여<sup>2)</sup> 주처리방법으로 화학적 처리법이 가장 많이 이용되고 있으나, 식품공업의 경우 폐수 중 BOD, COD, SS, 유지, 유기태 질소, 인 등을 다량 함유하고 있어서 대부분 생물학적 처리법을 채용하고 있으며 부차적으로 다른 방법을 병용하는 것이 일반적이다<sup>9)</sup>. 이 경우 전처리로 물리적처리가 이용되며 도축업 등 특성의 업종에서는 화학적 처리도 병용하고 있다.

따라서 폐수처리비용도 국내 다른 업종에서의 평균처리비에 비하여 많이 소요되는데, 폐수처리시설 설치비의 경우 폐수 1톤을 처리하는데 전체적으로 약 30만원이 소요되나 식품공업에서는 약 140만원의 설치비가 들며, 연간 처리비용에 있어서도 전자가 약 4만원인데 비해 약 10만원이 소요되고 있다<sup>2)</sup>.

국내 식품공업에서 채택하고 있는 폐수처리공법을 업종별로 보면 표 5와 같다<sup>7)</sup>. 표에서와 같이 조사대상 298업소 중 생물학적 처리법으로 국내 가장 많이 보급되어 있는 활성슬러지법을 채택하고 있는 업소가 72.1%인 215업소이며, 이 중 활성슬러지법만으로 처리하는 업소가 117, 활성슬러지법과 다른 공법 즉 응집침전법, 가압 부상법, 여과법 등을 병용하는 업소수는 98에 이르고 있다.

반면 화학적 처리법인 응집침전법만으로 폐수를 처리하는 업소수도 55에 달하고 있는데, 폐수의 특성을 감안하면, 생물학적 처리법으로의 전환이 필요하나, 이들은 대개 영세한 중소기업이거나 계절적으로 생산량이 크게 변화하는 업종들이다.

국내에는 생물처리법으로 활성슬러지법 외에 회전원판법, 산화지법, 장기폭기법 등이 일부 업소에서 이용되고 있다.

### 3.2 폐수의 처리효율

식품공업에서 현재 설치·운전 중인 폐수처리

표 5. 식품공업에서 업종별 폐수처리공법

처리시설 업종	①①	①① +	①① +	①① +	①① +	①① +	①① +	①③ +	①① +	①① +	①① +	②①	②① +	②② +	②② +	③① +	③① +	④④	④⑤	④⑥	④⑥	계
	②①	②②	②②	③①	③②	③③	③③ +	③③ +	③③ +	③③ +	③③ +	③③	③③	③③	③③	③③	③③	③③	③③	③③	③③	
육지동물 고기 가공업		2						4		1		6	2	1	1							17
낙농품 제조업	1				1			2				22		1								27
과실 및 채소 가공업					2			2				8	1			1					1	15
수산물 처리 가공업	13	17	2	1	4			10	2			11	1	4		1					1	67
동식물 유지 제조업	4	3				1		3			1	1	1								1	14
전분 및 당류제조업		1										4										5
빵, 과자 및 국수제조업	2	14		1		1		12				14	2									46
설탕 제조업												3										3
장류 제조업	3	2			1	1				1		10				1		1	1			21
도축업		1					1	2		1		23	3									31
조미료 및 식품첨가물제조업		5										3	1									9
두부 및 유사식품 제조업	5	1			3							8	1			1	2					21
기타	7	9										4		1		1						22
계	35	55	2	2	11	3	1	35	3	2	1	117	12	7	1	5	2	1	1	1	1	298

①① 응집침전 ①② 가압부상 ①③ pH조정 ①④ 중화 ①⑤ 산화·환원 ①⑥ 중력침전 ②① 활성슬러지 ②② 회전원판 ②③ 산화지 ②④ 장기폭기 ②⑤ 포기식라군 ②⑥ 살수여상 ②⑦ 토양환원 ③① 여과 ③② 흡착

표 6. 식품공업에서의 처리수질 및 효율

(단위 : mg/l)

구분 업종	BOD		COD		SS	
	처리수(mg/l)	효율(%)	처리수(mg/l)	효율(%)	처리수(mg/l)	효율(%)
육류가공업	96(430-11)	75(98-10)	75(340-8)	73(97-18)	81(530-11)	79(97-28)
유제품제조업	50(116-8)	91(99-26)	41(96-14)	88(98-27)	39(85-10)	79(95-21)
과실 및 채소가공업	99(280-20)	75(91-34)	75(190-3)	75(92-39)	52(100-18)	77(90-51)
수산물가공업	107(410-17)	81(98-8)	85(160-16)	78(97-22)	73(144-7)	76(98-7)
동식물 유지제조업	87(270-22)	84(99-62)	65(140-15)	81(98-29)	64(160-13)	78(99-57)
전분류제조업	45(78-25)	98(99-97)	65(90-37)	94(97-90)	40(68-23)	88(97-74)
빵류제조업	60(146-10)	91(99-48)	51(146-11)	90(99-47)	48(137-15)	86(99-49)
설탕제조업	58(66-45)	84(87-81)	68(75-63)	69(84-43)	27(43-16)	82(91-65)
장류제조업	90(160-30)	77(93-37)	80(120-20)	76(94-29)	60(100-20)	71(94-41)
도축업	90(160-40)	91(99-44)	70(130-6)	87(99-45)	60(130-10)	88(99-47)
조미료제조업	47(140-16)	95(99-84)	78(140-18)	92(97-78)	46(82-15)	83(98-35)
두부제조업	97(140-30)	66(98-9)	130(870-15)	53(94-8)	55(99-22)	68(97-0)

시설에서의 업종별 처리효율과 처리수의 수질은 표 6과 같다<sup>7)</sup>. 표 6과 같이 처리수의 BOD농도를 보면 대체로 100 mg/l 이하로 양호한 처리수질을 보이고 있다. 그러나 수산물 가공업에서는 107 mg/l로 가장 높는데, 이는 영세한 업소가 많아 처리공법의 선정상 문제점을 포함한 운전관리의 비효율성에 기인되고 있으며, 전분류제조업과 조미료제조업 및 유제품 제조업에서는 50 mg/l 이하의 양호한 수질을 유지하고 있다.

처리효율을 보면 전분류 및 조미료제조업에서 각각 98%와 95%로 양호한 처리효율을 나타내고 있으나, 두부제조업에서는 66%로 가장 비효율적인데, 이는 업소의 영세성으로 인한 처리시설의 문제점, 처리시설 관리인의 비전문성, 시간에 따른 폐수배출량과 수질의 큰 변화 등 복합적 요인으로 생각된다. 또한 육류가공업이나 과일 및 채소가공업은 각각 75%의 처리율을 보이는데 이는 폐수 중에 함유된 동물성 유지류와 섬유소 등 생분해에 다소 시간이 소요되는 오염물질의 함유량이 상대적으로 많은데 기인되는 것으로 보이며, 이 경우에도 처리공법의 선정이나 운전관리기술상 다소간의 문제점이 내포되어 있는 것으로 보인다.

COD의 경우에도 처리수의 수질이나 처리효율이 비슷한 경향을 보이고 있으나 대체로 낮은 수치를 나타내는데 이는 원수의 수질이 대체로 낮는데 기인된다. 이와 같은 현상은 일본의 식품공업에서도 유사하여 BOD의 평균 제거율이 97.8%인데 반해 COD의 경우 93.1%를 나타내고 있다<sup>10)</sup>.

부유물질의 경우 빵류제조업과 도축업에서의 원수수질은 각각 1,150 mg/l와 1,300 mg/l로 고농도이나, 이들 폐수에 포함된 부유물질의 제거효율이 양호하여 각각 86%와 88%의 처리율을 나타내고 있다.

대체로 처리수질은 양호한 수준이나 처리효율이 10% 미만인 업소도 있는데 이는 처리공법의 선정, 처리시설의 용량, 운전관리기술상의 문제가 있는 것으로 사려되는 바, 이에 개선을 위한 종합적이고 체계적인 검토가 요구된다.

## 4. 폐수처리상의 문제점

폐수처리시설이 완전하게 운전되고 있는 경우는 거의 없으며 대부분이 다소간의 문제점을 내포하고 있다. 이는 처리시설을 설치한 후 10여년의 지나면 시설자체가 노후화되고 공장에서의 생산제품이 변화하는 등이 주원인이다. 또한 중소영세기업이 차지하는 비율이 높아 폐수처리시설의 유지관리를 포함한 대응책이 불충분하고 소규모 공장이라도 비교적 복잡한 생산공정에서 많은 약품이 사용되어 폐수특성이 자주 변화하고, 시설의 설치당시 충분한 검토가 이루어지지 않아 대응방안이 미흡하고, 설치시와 현재간에 생산공정을 포함한 공장내부의 여건변화 등에 기인된다<sup>11,12)</sup>.

### 4.1 폐수처리 시설

- 처리시설의 설치시 충분한 검토가 이루어지지 않아 설계자체가 잘못된 경우가 많아 기본적으로 충분한 기능을 발휘하지 못하고 있으며, 적절한 처리용량의 증설이나 개수 등이 이루어지지 않는 경우도 많다.

- 생산량이 급격히 증가한 공장에서 생산설비는 증설하였으나 폐수처리 시설은 종전대로 운영되는 경우가 많아 오염물질의 과부하로 인한 기능의 저하로 관리가 곤란하게 된 곳도 있다.

- 시공회사가 전업 또는 폐업으로 수리나 개수를 원활하게 하지 못한 경우도 있다.

- 식품공업에서의 폐수는 대체로 유기성 물질만을 함유하여 주로 활성슬러지법으로 처리하나, 이 경우 하수처리장에서의 슬러지 등에 비해 불용성 무기물질이 적은 슬러지가 되기 쉽다. 이러한 슬러지의 플럭은 침전성이 좋지 않으며 벌킹이나 해체현상이 일어나기 쉽다. 특히 당류를 주로 함유하는 폐수에 이러한 경향이 심하다. 그래서 주의해서 관리하더라도 슬러지가 처리수에 포함되어 방류되는 경우가 많다.

- 폐수처리시 생성된 잉여슬러지의 처리장치가 미비하여 탈수장치가 불충분한 경우도



많다. 슬러지가 원활히 처리되지 않으면 폐수 처리 자체가 실패를 거둘수 없다.

◦ 폐수처리장에서 악취가 발생하고 거품이 날리는 등 2차공해를 유발하는 경우도 있다.

◦ 처리시설은 운전지침에 따라 유지관리되거나 실제로 지침에 따라 운전되지 않거나 지침을 갖추지 않는 경우도 많다.

#### 4.2 생산의 계절적 변화

◦ 과실가공, 수산물가공, 빙과류제조 등과 같이 계절적으로 원료의 공급 또는 수요의 변화에 따라 폐수처리장에 오염물질의 부하도 변화하는데 이러한 변화에 대응할 수 있도록 설계되어 있지 않은 경우가 많다.

◦ 계절에 따라 생산량이 변동하는 식품공업에서는 경영상으로도 설비의 투자효율이 낮아지고 인건비도 높게 되므로 비수기에 이 설비와 노동력으로 다른 제품을 만드는 경우도 있는데, 그 비율에 따라 성상이 완전히 다른 폐수가 배출된다. 제품을 교체하여 생산하는 경우 처리시설의 기능에 지장을 초래하게 된다.

◦ 근래 제품에 제조일자나 유통기간을 표기하게 되어 비수기에 제조한 것을 보관하여 판매하는 것이 불가능하게 되어 이로 인하여 폐수의 부하변동이 심화되고 있다.

### 5. 폐수관리에 있어서 향후의 동향

#### 5.1 신규배출허용기준에 대응

기존의 폐수처리시설은 현재의 배출허용기준 수준에서 처리하기 위하여 설치되어 있으나, 배출허용기준의 강화 특히 부영양화대책의 일환으로 새로이 질소, 인 등의 추가를 포함한 배출허용농도를 강화할 경우 현재의 시설에서는 이에 대응하기 어렵다. 그래서 새로운 시설을 추가하거나 개조할 필요가 있으며, 이를 위한 처리기술의 개발도 필요하다<sup>11)</sup>.

우리나라에서도 새로이 시행되고 있는 수질환경보전법에서는 새로운 오염물질로 질소와 인화합물 등을 추가로 설정하고 있으며, 배출

허용기준에 있어서도 총 질소와 총 인에 대해 특정의 호소지역에 대해 1996년부터 적용할 예정이다. 그리고 트리클로로 에틸렌과 테트라클로로 에틸렌에 대해서는 1993년부터 적용할 계획이다. 또한 현재의 배출허용기준 항목 중 BOD, COD, SS에 대해 1996년부터 배출허용농도를 강화할 예정이어서<sup>13)</sup> 이에 대한 대책도 꾸준히 강구되어야 할 것이다.

#### 5.2 생산공정의 재검토

##### ① 원료의 검토

원료 중에 비가식부분, 이물질, 토사 등이 많이 포함되면 제조과정에서 이들이 폐수나 폐기물로 다량 배출되는데 원료의 공급지에서 이들을 가능한한 제거한 것을 구매함으로써 배출량을 크게 억제할 수 있다.

##### ② 제조방법의 변경

식품공장에서는 종래의 제법에 구애받기 쉬우나 같은 품질의 제품이나 더 좋은 제품을 만들기 위해 과감한 발상의 전환이나 신기술, 신장치의 도입을 적극 검토한다.

##### ③ 세척공정의 변경

식품폐수의 대부분은 원료, 용기, 제조장치, 공장의 바닥 등을 씻는 과정에서 배출된다. 이러한 작업을 근본적으로 변경하여 가능한한 물을 사용하지 않고 깨끗하게 하는 방안을 강구한다. 예로 공장바닥을 수세하는 대신 먼지를 진공청소기로 제거하면 폐수의 배출을 막을 수 있다. 이 경우, 이로 인한 위생상의 문제점이 없는지를 실내 낙하세균수 등을 조사하여 확인하여야 한다.

##### ④ 손실의 억제

원료, 중간제품, 제품 등의 일부가 제조과정에서 분진, 폐액, 폐기물로 되는 경우가 많은데, 이들이 배출되지 않도록 장치를 교체하거나 포집하여 손실을 줄이도록 한다.

##### ⑤ 폐수의 재이용

용수를 절약하거나 청소한 폐수 등을 재이용하여 폐수배출을 억제한다. 폐수처리장에서의 처리수를 처리시설에서의 소포용수, 공장내의 청소용수 등으로 사용하는 방안을 강구한다.

## ⑥에너지의 회수

식품공업에서도 의외로 온배수, 증기, 온풍 등의 형태로 에너지를 방출하는 경우가 많고, 장치에서도 방열이 많은 경우도 있다. 이들을 열교환기, 히트 펌프 등으로 철저히 회수하는 것이 바람직하다. 또한 폐기물으로써 폐유, 함유 찌꺼기, 고칼로리의 농축폐액, 고지 등을 배출하는 곳도 많은데 이들을 보일러나 소각로의 연료로 사용하여 에너지를 회수한다. 예로, 튀김시의 폐유를 보일러의 연료인 등유와 함께 연소시키면 그만큼 등유를 절감하고 폐기물로 배출하지 않아도 된다.

## 5.3 자원화 기술

### ①식품·약품의 회수

식품제조 과정에서의 즈에서 추출물, 가축과 어류의 장기에서 호르몬제, 콩의 삶은 물을 역삼투분리하여 아미노산, 맥주박에서 비타민제의 제조

### ②공업용 재료의 회수

가축의 뼈, 수산물의 장기와 뼈에서 젤라틴, 골탄 등의 제조, 식용폐유로 비누의 제조, 식용정제용 폐백토에 공업용 기름, 클린저(Cleaner)의 제조, 게껍질에서 고분자응집제의 제조, 폐액으로 알콜, 효모의 제조

### ③용기·포장재료의 회수

병의 회수, 드럼통이나 석유통의 재이용, 폴리에틸렌 용기나 재료의 펠렛트화, 빈상자와 포장재를 고지로 회수, PET 용기를 세척 후 재사용 또는 원료화.

### ④사료화

어분류, 도축 및 도계시 찌꺼기를 양계용 사료화, 굴껍질, 조개껍질 등을 배합사료(양계용)원료화, 어류의 뼈와 장기로 어분의 제조, 잉여활성슬러지를 사료화, 전분박, 두부박 등의 낙용용 사료화, 비가식부 야채류의 사일리지사료화, 알콜증류폐액에서 성장촉진 첨가사료의 제조, 폐수를 이용한 양어.

### ⑤퇴비화

폐수를 액비 또는 관계용수로 이용, 황산암 모늄 용액을 사용한 효소제조폐액에서 황산암

모늄의 회수, 잉여슬러지의 탈수케익을 유기배합비료화, 탈수케익과 전분박 등의 퇴비화, 물고기의 장기와 뼈, 도축시 찌꺼기와 혈액 등의 건조퇴비화.

## 6. 맺는말

식품공업에서의 폐수는 대부분 천연물을 기원으로 하는 유기성 오염물질을 주로 함유하고 있으며, 식품의 제조과정에서 다량의 물이 사용되어 발생하는 폐수량도 다른 업종에 비해 매우 많은 용수형 산업이다. 또한 식품폐수는 원료공급 및 제품수요의 계절적 변화, 제품의 다양성, 생산의 규모와 방식 등에 따라서 폐수의 발생량과 수질이 크게 변화하므로 폐수를 적절히 관리하고 처리하기 위해서는 폐수처리 시설의 설계시부터 폐수량, 수질 등 폐수의 특성은 물론 처리방식에 따른 폐수의 처리성, 시간적 계절적 부하변동등의 대응방안, 연차적인 공장의 증설계획 등이 충분히 검토되어야 한다. 이를 토대로 적절한 처리공법의 선정, 유지관리인자의 설정, 오염물질의 부하변동에 대응하기 위한 방안이 종합적이고 체계적으로 강구되어야 한다.

아울러 발생하는 폐수량이나 오염물질의 양을 저감하기 위해서는 원료의 구입시 수질오염에의 영향이 충분히 검토되어야 하며, 제조과정에서의 잘못으로 원료나 최종 또는 중간제품을 폐기하지 않도록 생산과정에서의 품질관리 또한 폐수처리 이상으로 매우 중요하다.

또한 폐수발생량을 줄이기 위해서는 사용원료와 제조공정을 재검토함과 아울러 다량의 폐수가 발생하는 세척공정의 변경, 처리수의 재이용 및 냉각용수의 활용방안이 신중하게 검토되어야 한다.

한편 식품공업에서 발생하는 찌꺼기나 농후폐액 즉 발효폐액, 수산식품폐액 등은 대부분이 천연원료에 기원하므로 이들을 퇴비화하거나 사료화하는 방안을 적극 모색해야 한다. 이는 수질환경보전은 물론 자원의 절약면에서도 크게 기여하게 될 것이다.

또한 새로운 규제제도의 시행에 대응할 수 있도록 폐수처리시설의 보강과 신기술의 개발도 아울러 추진되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 1) 조병환, 1989, 우리나라의 수질보전 정책방향, 하천 및 호소 수질의 최적화 방안, p. 31-47, 국립환경연구원.
- 2) 환경처, 1991, '90 폐수배출시설조사 결과보고서.
- 3) Nemerow, N.L. 1978, Industrial Water Pollution—orgins, characteristics and treatment, p. 356-438.
- 4) 최의소, 조광명, 1985, 환경공학, p. 275-276, 청문각
- 5) 荒井珪, 1989, 食料品製造業(における 排水對策, 用水と廢水, 31(8), 42-48.
- 6) 林和男, 1985, 藥子製造業(における 排水處理の 問題點とその改善策, PPM, No.11, 41-49.
- 7) 서운수 등, 1987, 폐수배출시설 표준원단위조사 연구(I) p. 191-286, 국립환경연구원
- 8) 中塩眞喜夫, 1976, 廢水の活性汚泥處理, p. 93-112, 恒星社厚生閣.
- 9) 田中 稔, 1986, 工場排水の處理の現狀と 問題點, 用水と 廢水, 28(10), 3-6.
- 10) 永淵義孝 等, 1989, 食料品製造業排水のトリハロメタン生成能, 用水と廢水, 31(6), 132-38.
- 11) 川原浩, 1983, 工場排水處理における 問題點と 今後の 動向, 用水と廢水, 25(5), 3-10.
- 12) 本多 淳裕; 1985, 食品工場排水對策の再檢討と 合理化, その1, 食品工場公害對策の 基本姿勢, 用水と廢水, 27(5), 29-38.
- 13) 환경처, 1991, 수질환경보전법, 환경법령집 p. 747-1031.